Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 262- 272

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۲۷۲-۲۶۲

بررسی غیرمخرب فاکتورهای کیفی آبمیوه مرکبات در خلال انبارمانی با کمک پردازش تصویر

سامان آبدانان مهدی‌زاده*[1]- مهران نوری[2]- مریم سلطانی کاظمی[3]- سمیه امرایی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۸

چکیده

هدف از پژوهش حاضــر تعیین بهترین ویژگی سـطحی بافت (انتروپی، انرژی، همگنی، تباین، همبستگی و برتری) به‌منظور پیشگویی فاکتورهای کیفی آب مرکبات (pH، اسیدیته، مواد جامد محلول و اسکوربیک اسید) می‌باشد. بدین منظور آب مرکبات (نارنج، پرتقال، لیموترش و نارنگی) بلافاصله پس از فرآیند پاستوریزاسیون در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) برای مدت ۶۰ روز نگهداری گردید. در خلال انبارمانی بعداز اخذ تصویر از سطح آب مرکبات مقدار pH، ویتامین ث و مواد جامد محلول در روزهای ۰، ۲۰، ۴۰ و۶۰ اندازه گیری شـدند. مطابق آنالیز تصـویر تغییرات رنگ در طول فرآیند انبارمانی توسط سه کانال رنگی *L*,a*, b نشان داد که کانال رنگی *L تغییرات زوال در آب میوه‌ها را بهتر نشان می‌دهد. نتایج آنالیز آماری داده‌ها نشـان داد که اسـیدیته و اسکوربیک اسید در چهار نوع آب مرکبات بطور معنی داری (P< ۰/۰۵) طی مدت زمان نگهداری به ترتیب افزایش و کاهش یافتند. همچنین نتایج حاصـل از آنالیز همبسـتگی نشـان داد از بین ویژگی‌های اسـتخراج شـده از تصـاویر، انرژی نسبت به دیگر ویژگی ها با ضریب همبستگی بالاتر توانایی پیشگویی اسیدیته، pH و آسکوبیک اسید را به خوبی دارد.

واژه‌های کلیدی: آب‌مرکبات، پردازش تصویر، فاکتورهای کیفی (pH، اسیدیته، SSC و اسکوربیک اسید)

مقدمه

مرکبات از جمله میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری هستند که با سطح زیر کشت حدود ۲۴۰ هزار هکتار و تولید حدود ۴/۰۲ میلیون تن مرکبات در سال، مقام اول تولید محصول‌های باغی کشور ایران را دارا می‌باشـند (FAO, 2011). افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان درباره تاثیر ترکیبات زیسـت فعال بر ارتقای سلامتی باعث افزایش تقاضای مواد غذایی سـرشار از چنین ترکیباتی شده است (Plaza *et al.*, 2011b). براساس نتایج پژوهش‌های متعدد، مصرف مرکبات مانند پرتقال و سـایر مرکبات می تواند به کاهش خطر بیماری های قلبی و برخی انواع سـرطان منجر شـود (Vanamala *et al*., 2006; Roussos, 2011). اثرات سـلامتی‌بخش انواع میوه و از جمله مرکبات به وجود ترکیبات زیست فعال شامل ترکیبات فنلی، ویتامین ث و کارتنوئیدها نسـبت داده می‌شـود که به وفور در میوه‌های پرتقال و نارنگی یافت می‌شود. (Plaza *et al*., 2011a).

کیفیت تغذیه‌ای آب مرکبات و دیگر محصـولات کشـاورزی در طی ذخیره‌سازی به یک مسئله مهم تبدیل شده است. عوامل موثر بر کیفیـت این فرآورده نظیر رنگ، به علت میزان بالای ویتامین ث در طی نگهداری به شـدت متأثر از شرایط محیطی است و تاثیر بسزایی در مشـتری‌پسـندی محصـول دارد. همچنین ویتامین ث (اسکوربیک اسـید) یک فاکتور مهم برای افزایش طول عمر مفید کنسانتره موجود در آب برخی از مرکبات محسـوب شـود (Laing *et al*., 1978). محتوای ویتامین ث موجود در آب مرکبات در طول ذخیره‌سازی باعث کاهش تلفات و افزایش زمان ماندگاری می‌شـود (Johnson *et al*., 1995; Lee and Nagy, 1988; Solomon *et al*., 1995). ویتامین ث، به دلیل داشتن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان افزودنی در بسیاری از غـذاهای مورد اسـتفاده قرار می گیرد (Larisch *et al*., 1998; Solomon *et al*., 1995). با این وجود این ویتامین به آسانی تجزیه شـده (Lee & Coates, 1999) و از تجزیـه آن چنـدین ترکیـب واکنش‌پذیر بوجود می‌آید (Eskin, 1990). این ترکیبات واکنش‌پذیر می‌توانند پس از ترکیب با آمینواسـیدها پیگمان های رنگی را بوجود آورند (Larisch *et al*., 1998). طی انبارمانی، رنگ آب مرکبات متأثر از شـرایط نگهـداری می‌تواند تغییر کند. ازآنجایکه تخریب رنگ آب مرکبات کاملاً پیچیده اسـت مکانیسـم‌های زیادی از جمله تخریب

۱- استادیار، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، گروه صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(* - نویسنده مسئول: Email: saman.abdanan@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.47288

ویتامین ث می‌توانند مسئول این تغییر رنگ باشند (Wibowo *et al*., 2015). محتوی بالای ویتامین ث آب مرکبات طی انبارمانی، سبب کاهش افت ویژگی‌های کیفی و افزایش عمر نگهداری فرآورده می‌شود. با این وجود ممکن است بر اثر تخریب و اکسیداسیون این ویتامین طی انبارمانی پیش‌سازه‌ای از پیگمان‌های رنگی نامطلوب (از جمله هیدروکسی متیل فورفورال) در آب مرکبات بوجود آید و سبب قهوه‌ای شدن محصول شود (Johnson *et al*., 1995; Lee and Nagy, 1988; Solomon *et al*., 1995).

در اکثر تحقیقات صورت گرفته اثر دمای نگهداری بر روی ویتامین ث بررسی گردیده است. بر اساس نتایج گزارش شده عمر ماندگاری آب مرکبات به‌صورت اولیه به دمای نگهداری و در برخی مواقع نوع میوه (هرچه درصد ویتامین ث بالاتر باشد، آب میوه بیشتر در معرض قهوه‌ای شدن قرار می‌گیرد) بستگی دارد. همچنین پایداری ویتامین ث در فرآورده‌های حقیقی به علت محیط اسیدی بالاتر از نمونه‌های بافری شبیه‌سازی شده است. این محققین دریافتند قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی به صورت عمده‌ای با میزان اسکوربیک اسید در ارتباط است و در اثر تشکیل ترکیبات کربونیلی ناشی از تجزیه L-اسکوربیک اسید به وجود می‌آید. همچنین واکنش‌های قند-آمین به‌صورت بسیار جزئی مسئول واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی هستند. اما حضور اسیدهای آمینه و ترکیبات آمینی این واکنش‌ها را افزایش می‌دهد (Kabasakalis *et al*., 2000; Amiri and Nikousari, 2006). با این حال، ترکیبات ناپایدار اسکوربیک اسید تحت شرایط نامطلوب به‌راحتی تجزیه می‌شوند (Fennema, 1977; Lee & Coates, 1999). واکنش‌های حاصله به عوامل بسیاری از جمله اکسیژن، گرما، نور (Robertson & Samaniego, 1986)، درجه حرارت و زمان ذخیره‌سازی بستگی دارد (Fellers, 1988; Gordon *et al*, 1990). پدیده‌ی اکسیدشدن اسکوربیک اسید عمدتاً در طول فرآیند آب میوه‌گیری مرکبات نیز رخ می‌دهد (Huelin,1953). در پژوهشی اثر پیش تیمار اسمزی در فرآیند خشک کن هوا داغ بر خصوصیات رنگ برش‌های سیب و موز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان از کاهش قابل توجه در روشنی (L*)، افزایش قرمزی (a*) و زردی (b*) در نمونه‌های تیمار نشده داشتند. این مساله حاکی از قهوه‌ای شدن شدید این نمونه‌ها می‌باشد (Krokida, *et al*., 2000).

طی سال‌های اخیر به‌منظور ارزیابی محصولات مختلف کشاورزی روش‌های غیرمخرب زیادی توسعه یافته است که از آن جمله می‌توان به روش‌های طیف‌سنجی، بینایی ماشین، فراصوت و غیره اشاره نمود (Abdanan Mehdizadeh *et al*., 2014; Wang and Paliwal, 2007). با توجه به فیزیک و ماهیت آبمیوه‌ها از روش‌های طیف‌سنجی و بینایی ماشین به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آبمیوه در پژوهش‌های متعددی استفاده شده است (Cozzolino *et al*., 2011; Fernanzed-Vazquez *et al*., 2011;Shao and He, 2007). یکی از معایب استفاده از روش‌های طیف‌سنجی این می‌باشد که روش‌های مذکور نیاز به تجهیزات گرانی داشته و در ضمن حمل این ابزار به راحتی صورت نمی‌پذیرد. از سوی دیگر، در تکنولوژی بینایی ماشین با استفاده از پردازش تصاویر بدست آمده می‌توان برخی اطلاعات مربوط به پارامترهای داخلی را بدست آورد (Singh *et al*., 1976; Guillard *et al*., 2003). از فواید استفاده از روش بینایی ماشین می‌توان به زمان کوتاه پردازش، سریع و دقیق بودن و همچنین عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه‌ها و استفاده از مواد شیمیایی (دوست داران محیط زیست) اشاره نمود (Brosnan and Sun, 2004; Butz *et al*., 2005). این روش نه تنها برای تشخیص رنگ مفید است بلکه در تشخیص خصوصیات دیگر مانند شکل و بافت نیز سودمند می‌باشد (Du and Sun, 2006; Zheng and Sun, 2008). بررسی ویژگی-های سطحی مواد غذایی، از کاربردهای بینایی ماشینی در کشاورزی و صنایع غذایی است. همچنین طی پژوهش‌های پیشین، به وجود ارتباط بین ویژگی‌های سطحی بافت و ویژگی‌های کیفی مواد غذایی اشاره شده است (Basset *et al*, 2000; Chandraratne *et al*., 2006; Fongaro & Kvaal, 2013). بنابراین هدف از پژوهش حاضر تعیین بهترین ویژگی‌های سطحی بافتِ کانال‌های رنگی L*a*b* (انتروپی، انرژی، همگنی، تباین، همبستگی و برتری)، به‌منظور بررسی توانایی آن‌ها در پیشگویی فاکتورهای کیفی آب مرکبات (pH، اسیدیته، مواد جامد محلول و اسکوربیک اسید) طی مدت نگهداری بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و نگهداری نمونه

در این پژوهش، از چهار گونه مرکبات شامل نارنج، پرتقال، لیموترش و نارنگی استفاده شد. میوه‌ها از یک فروشگاه محلی (اهواز، خوزستان) خریداری گردید. آب میوه‌ها پس از شستشو و پوست‌گیری، توسط یک دستگاه آب میوه گیر (پارس خزر، مدل JC-700P) استخراج گردید. آبمیوه بلافاصله پس از استخراج و صاف کردن، تحت فرایند پاستوریزاسیون (۹۰ $^{\circ}c$، ۳۰ s) قرار گرفته و پس از آن در بطری‌های ۳۰۰ میلی‌لیتری پلی اتیلن ترفتالات (PET) در دمای $^{\circ}c$ ۸۵ پر شد. بطری‌های سپس بوسیله آب سرد و کلرینه تا دمای محیط سرد گردید. پس از آن، بطری‌ها در دمای یخچال (۴ $^{\circ}c$) برای مدت ۶۰ روز نگهداری شد. در هر یک از زمان‌های نمونه‌برداری (روز ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰)، از هر نوع آب میوه پنج بطری بطور تصادفی انتخاب و محتویات آنها در هم آمیخته شد و جهت انجام آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و همچنین آنالیز تصویر از این آمیزه استفاده شد.

آنالیز فیزیکو شیمیایی

pH نمونه‌های آب میوه توسط یک pH متر Methrohm مدل 827 pH lab (Methrohm instruments, Switzerland) بوسیله غوطه‌وری مستقیم الکترود در ۲۵° C تعیین شد. محتوی مواد جامد محلول (بریکس) با استفاده از یک دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی Atago مدل PAL-22S (Atago Co, Ltd. Carnation, WA) در دمای ۲۵° C اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها بر حسب درصد سیتریک اسید محاسبه گردید. تیتراسیون با محلول استاندارد سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال انجام شد. سپس حجم مصرفی هیدروکسید سدیم تبدیل به گرم سیتریک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه شد (Kimball, 1999).

محتوای آسکوربیک اسید با استفاده از روش تیتراسیون دی کلرو فنل- ایندوفنل تعیین شد (Kabasakalis, 2000). اصول این روش بر پایه کاهش ۲، ۶- دی کلرو فنل- ایندوفنل به یک فرم بی رنگ، بوسیله مصرف آسکوربیک اسید می‌باشد. مراحل این روش به قرار زیر بود: (۱) یک حجم ۱۰ میلی‌لیتری از نمونه درون یک بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و توسط محلول اگزالیک اسید ۰/۰۴ به حجم رسانده شد، (۲) محلول توسط یک کاغذ صافی (واتمن شماره ۴) صاف شد، (۳) ۱۰ میلی‌لیتر از محلول فیلتر شده به‌همراه ۱۵ میلی‌لیتر محلول اگزالیک اسید ۰/۰۴ درصد به یک ارلن مایر انتقال داده و توسط محلول سدیم دی کلرو ایندوفنل تا ظهور رنگ صورتی تیتر گردید.

محلول سدیم دی کلروفنل‌ایندوفنل با سدیم تیوسولفات ۰/۰۱ نرمال، در کمپلکسی از پتاسیم یدید (۵۰ ٪) و اسید کلریدریک ۱ نرمال با استفاده از شناساگر نشاسته استاندارد شد.

آنالیز رنگ

طی مدت زمان نگهداری، تصویربرداری از نمونه‌های آب میوه در روز انجام آزمایشات فیزیکوشیمیایی (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰) انجام شد. ارزیابی ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها با استفاده از یک سیستم آنالیز تصویر با تجهیزات زیر انجام گردید: یک دوربین تصویربرداری (Canon PowerShot SX60 HS, Japan) و یک کامپیوتر شخصی (Pentium(R) Dual-Core processor). نمونه‌های آب‌میوه در یک جعبه سیاه با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ cm^3 و با نورپردازی با زاویه ۴۵ درجه توسط چهار لامپ فلوئورسنتی، قرار داده و تصاویر در یک فاصله ثابت ۳۰۰ میلی‌متری از سطح آنها گرفته شد. تنظیمات دوربین نیز شامل فلاش خاموش، زوم خاموش، ایزو ۱۰۰، سرعت شاتر ۱/۲۰ ثانیه ، بالانس رنگ سفید فلوئورسنس بود.

جدول ۱- ویژگی‌های استخراج شده از بافت سطحی آب میوه‌ها

۱	انتروپی[1]	$E=\sum_{i,j=0}^{N-1} -Ln(P_{ij})P_{ij}$
۲	انرژی	$E=\sum_{i,j=0}^{N-1} (P_{i,j})^2$
۳	همگنی[2]	$H=\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{ij}}{1+(i-j)^2}$
٤	تباین[3]	$C=\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij}(i-j)^2$
٥	همبستگی[4]	$C=\sum \frac{(i-\mu)(j-\mu)P_{ij}}{\sigma^2}$
٦	برتری[5]	$P=\mathrm{sign}(B)\lvert B\rvert^{1/4}$ $B=\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{(i+j-2\mu)^4 P_{i,j}}{4\sigma^4(1+C_1)^2}$

مدل رنگی CIE L*a*b* به‌منظور تعیین رنگ نمونه ها بکار برده شد. از آنجایی که تصاویر در فضای RGB گرفته شد، تبدیل فضای رنگی برای بدست آوردن پارامترهای مدل CIE L*a*b* انجام گردید. برای این منظور تصاویر گرفته شده توسط دوربین وارد محیط MatLab ۸.۳ (جعبه ابزار پردازش تصویر) شده و تبدیل تصاویر از فضای RGB به فضای L*a*b* انجام گردید. مقادیر متوسط L*، a* و b* توصیف‌کننده رنگ نمونه‌ها بود. در مدل CIE L*a*b*، L* بیان‌کننده میزان روشنایی در محدوده صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید)، a* بیان‌کننده میزان قرمزی (مقادیر مثبت) و سبزی (مقادیر منفی) و همچنین b* بیان‌کننده زردی (مقادیر مثبت) و آبی (مقادیر منفی) می‌باشد (Quevedo *et al*., 2009). سپس به‌منظور استخراج ویژگی‌های سطحی بافت ، GLCM برای ۳ کانال L*، a* و b* محاسبه و ویژگی‌های جدول ۱ استخراج شدند (Quevedo *et al*., 2009b). شایان ذکر است که محاسبات مربوط به تعیین ویژگی‌های سطحی بافت در نرم‌افزار MatLab صورت پذیرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های بدست آمده با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و آنالیز واریانس (ANOVA) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای بررسی مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد

1 Entropy
2 Homogenity
3 Contrast
4 Correlation
5 Prominence

استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS V. 9.1 (SAS Institute, Cary, NC) انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات ۳ کانال *L، *a و *b در روزهای مختلف بعد از انبارمانی برای آبمیوه نارنج (به صورت نمونه) در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۱ آمده است با توجه به رنگ‌نوار[6] ترسیم شده در کنار هر تصویر، شدت *L با توجه به اینکه با گذر زمان سطح آن دندانه‌دارتر می‌شود توصیف بهتری از دو کانال دیگر (*a و *b) از زوال آبمیوه دارد. در ضمن رنگ‌نوار ترسیم شده برای کانال *L با گذر زمان دارای شدت بزرگتری می‌گردد که این مساله حاکی از توانایی این کانال در تشخیص زوال در آبمیوه می‌باشد. در نتیجه کانال *L به منظور کانال مرجع در تشخیص زوال و استخراج ویژگی‌ها استفاده گردید. در پژوهشی که توسط Quevedo و همکاران (۲۰۰۹b) بر روی قهوه‌ای شدن آنزیمی برش‌های سیب صورت گرفت مشخص گردید که کانال *L از دو کانال دیگر (*a و *b) زوال را بهتر تشخیص می‌دهد. نتایج پژوهش ذکر شده با تحقیق حاضر در یک راستا می‌باشد.

پس از تعیین مؤثرترین کانال رنگی، به منظور بررسی اثر انبارمانی بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی بررسی آماری انجام شد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاکی از تاثیر معنی‌دار مدت زمان نگهداری بر تغییرات pH آب نارنگی و آب پرتقال بود (P< ۰/۰۵)، هرچند این تغییرات از نقطه نظر تکنولوژیکی قابل توجه نمی‌باشد. همچنین عدم تغییرات معنی دار pH آب نارنج و آب لیموترش (P> ۰/۰۵)، را می‌توان به حضور سیترات و مالات پتاسیم و ایجاد یک محیط بافری نسبت داد (Sanchez-Moreno *et al*., 2003; Plaza *et al*., 2011a). اسیدیته، در چهار نوع آب مرکبات بطور معنی‌داری طی مدت زمان نگهداری افزایش یافت (P< ۰/۰۵). افزایش اسیدیته و کاهش pH را می‌توان به شروع فساد و یا تخمیر میکروبی نسبت داد (Tiwari *et al*., 2009).

ویتامین ث (اسکوربیک اسید) یکی از ترکیبات تغذیه‌ای ضروری برای انسان است و به دلیل قدرت آنتی اکسیدانی بالا، محافظت بالایی در برابر رادیکال های آزاد فراهم می کند(Kabasakalis *et al*., 2000). با این وجود، به دلیل طبیعت این ویتامین، اسکوربیک اسید اکسیده شده و طی دوره انبار مانی مقدار آن افت پیدا می‌کند (Kabasakalis *et al*., 2000). نتایج این پژوهش مطابق پژوهش‌های پیشین (Kabasakalis *et al*., 2000Marıa *et al*., 2007 ;) نشان داد مدت زمان نگهداری سبب کاهش معنی دار آسکوربیک اسید در آب مرکبات می‌شود (P< ۰/۰۵). از عمده ترین فاکتورهای مؤثر در افت محتوی آسکوربیک اسید آب مرکبات می‌توان به دما، غلظت نمک و شکر، pH، اکسیژن حل شده در آب میوه و اکسیژن موجود در فضای فوقانی بطری، آنزیم‌ها، نور، کاتالیست‌های فلزی و غلظت اولیه آسکوربیک اسید اشاره نمود (Al-Zubaidy & Khalil, 2007 Michelle *et al*., 2004).

همانطوریکه قابل مشاهده است در روز صفر نگهداری محتوی آسکوربیک اسید آب نارنج ، آب نارنگی، آب پرتقال و آب لیموترش به ترتیب ۱/۷۰ ± ۴۳/۷۲، ۱/۰۰ ±۴۵/۳۵، ۰/۹۴ ± ۴۸/۶۷ و ۰/۸۲ ± ۴۷/۵۴ بود که پس از یک دوره شصت روزه نگهداری در درون بطری‌های PET و دمای یخچال این مقادیر به ترتیب به ۰/۹۶ ± ۲۷/۵۲، ۰/۵۸ ±۳۵/۵۹، ۰/۵۷ ± ۳۹/۸۸ و ۱/۵۷ ± ۳۱/۱۲ کاهش پیدا نمود.آسکوربیک اسید در محلول‌های اسیدی راحت‌تر تجزیه می شود (Burdurlu et al., 2006)؛ به همین دلیل کاهش کمتر آسکوربیک اسید در آب پرتقال و آب نارنگی را میتوان به بالاتر بودن pH این دو آبمیوه دانست.

در آب مرکبات، بریکس به عنوان شاخصی از درصد مواد جامد محلول و یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی برای درجه‌بندی این محصولات بکار می رود (McAllister, 1980). محتوای مواد جامد محلول هر یک از انواع آب میوه‌ها دارای تغییرات معنی داری طی مدت زمان نگهداری نبود که با مطالعات پیشین مطابق بود (Ayhan Cortés *et al*., 2008 (Rivas *et al*., 2006;; *et al*., 2001

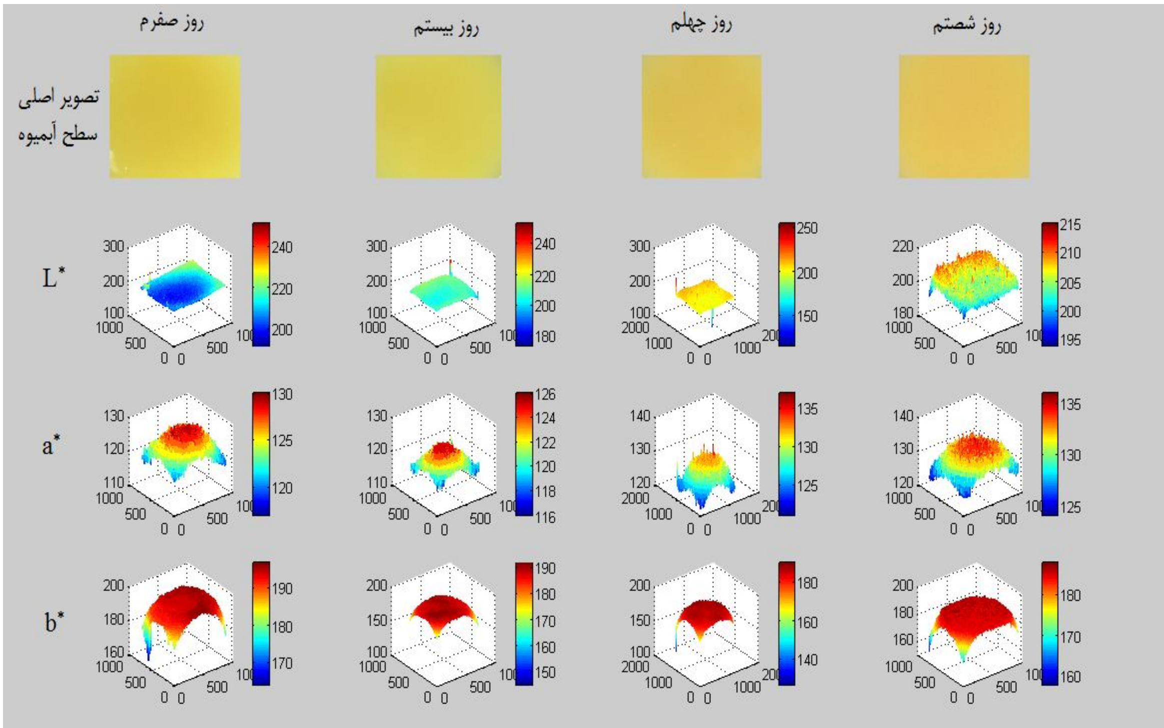
به‌منظور بررسی نوع و میزان رابطه بین دو متغیر (آزمون‌های مخرب و غیرمخرب) آنالیز همبستگی[7] صورت پذیرفت. در این پژوهش، ارتباط بین پارامترهای استخراج شده از تصاویر (آزمون غیرمخرب) و پارامترهای کیفی (آزمون‌های مخرب) با استفاده از مقادیر ضریب همبستگی (r)، که مقیاسی از رابطه خطی بین دو متغیر است مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب همبستگی با استفاده از رابطه (۷) برای آبمیوه لیموترش محاسبه و در جدول ۲ آورده شد. شاین ذکر است که این روند برای ۳ آبمیوه دیگر نیز صادق بود (در این مقاله آورده نشد).

$$r = \frac{\sum_{i}^{n} (x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2 \sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{y})^2}} \qquad (۷)$$

در این رابطه x_i و y_i اندازه‌گیری متغییر X و Y (i= ۱ ،۲ ، ... ،n)، و همچنین $\overline{x}$ ، و $\overline{y}$ میانگین‌های نمونه X و Y می‌باشند.

6 Colorbar

7Correlation analysis



شکل ۱- تغییرات ۳ کانال L*، a* و b* در روزهای مختلف بعداز انبارمانی

جدول ۱- اثر مدت زمان نگهداری بر پارامترهای کیفی آب مرکبات بسته بندی شده در بطری‌های PET و نگهداری شده در دمای $4\ ^{\circ}C$

آب مرکبات	مدت زمان نگهداری(روز)	پارامترهای کیفی			
		Ph	بریکس (٪)	اسیدیته (٪)	آسکوبیک اسید (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)
آب نارنج	صفر	۲/۹۲ ± ۰/۵۷^{a}	۸/۵۰ ± ۰/۱۰^{a}	۴/۰۸ ± ۰/۰۲^{c}	۴۳/۷۲ ± ۱/۷۰^{a}
	۲۰	۲/۶۱ ± ۰/۰۱^{a}	۸/۴۸ ± ۰/۲۶^{a}	۴/۲۳ ± ۰/۱۱^{c}	۳۹/۶۳ ± ۰/۸۶^{b}
	۴۰	۲/۵۸ ± ۰/۰۳ ^{a}	۸/۳۰ ± ۰/۳۶^{a}	۴/۸۵ ± ۰/۰۸^{b}	۳۵/۷۲ ± ۱/۱۲^{c}
	۶۰	۲/۵۰ ± ۰/۰۱^{a}	۸/۳۳ ± ۰/۱۵^{a}	۵/۰۵ ± ۰/۱۰^{a}	۲۷/۵۲ ± ۰/۹۶^{d}
آب نارنگی	صفر	۳/۷۸ ± ۰ /۰۱^{a}	۸/۱۲ ± ۰/۱۸^{a}	۰/۵۳ ± ۰/۰۹^{b}	۴۵/۳۵±۱/۰۰^{a}
	۲۰	۳/۷۵ ± ۰/۰۱^{a}	۸/۲۸ ± ۰/۲۶^{a}	۰/۵۵ ± ۰/۱۸^{b}	۴۱/۷۲± ۰/۵۷^{b}
	۴۰	۳/۶۱ ± ۰/۰۱^{b}	۸/۴۳ ± ۰/۱۱^{a}	۰/۶۸ ± ۰/۰۳^{a}	۳۹/۲۱± ۰/۵۵^{c}
	۶۰	۳/۴۰ ± ۰/۰۴^{c}	۸/۲۶ ± ۰/۱۹^{a}	۰/۷۷ ± ۰/۱۶^{a}	۳۵/۵۹± ۰/۵۸^{d}
آب پرتقال	صفر	۳/۷۳ ± ۰/۰۳^{a}	۸/۲۰ ± ۰/۱۰^{a}	۰/۷۹ ± ۰/۰۱^{c}	۴۸/۶۷ ± ۰/۹۴^{a}
	۲۰	۳/۶۹ ± ۰/۰۱^{b}	۸/۱۷ ± ۰/۲۱^{a}	۰/۸۳ ± ۰/۰۲^{b}	۴۶/۲۰ ± ۰/۵۸^{b}
	۴۰	۳/۶۵ ± ۰/۰۱^{c}	۸/۰۳ ± ۰/۳۲^{a}	۰/۸۵ ± ۰/۰۲^{ab}	۴۳/۵۸ ± ۱/۰۰^{c}
	۶۰	۳/۶۳ ± ۰/۰۲^{c}	۷/۹۷ ± ۰/۱۵^{a}	۰/۸۶ ± ۰/۰۱^{a}	۳۹/۸۸ ± ۰/۵۷^{d}
آب لیموترش	صفر	۲/۳۵ ± ۰/۰۱^{a}	۶/۴۳ ± ۰/۲۵^{a}	۴/۰۵ ± ۰/۳۴^{c}	۴۷/۵۴ ± ۰/۸۲^{a}
	۲۰	۲/۳۴ ± ۰/۰۲^{a}	۶/۳۷ ± ۰/۱۲^{a}	۴/۴۸ ± ۰/۰۳^{cb}	۴۲/۲۹ ± ۱/۵۶^{b}
	۴۰	۲/۳۵ ± ۰/۰۳^{a}	۶/۳۳ ± ۰/۰۶^{a}	۴/۷۵ ± ۰/۱۲^{ab}	۳۸/۴۰ ± ۰/۷۳^{c}
	۶۰	۲/۲۳ ± ۰/۰۱^{a}	۶/۳۰ ± ۰/۱۰^{a}	۵/۱۱ ± ۰/۲۷^{a}	۳۱/۱۲ ± ۱/۵۷^{d}

حروف غیر یکسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار در سطح $p = ۰/۰۵$ می باشد.

جدول۲. ضرایب همبستگی بین پارامترهای غیر مخرب و مخرب.

پارامترهای مخرب	پارامترهای غیرمخرب					
	برتری	انتروپی	همگنی	انرژی	همبستگی	تباین
pH	۰/۶۸	۰/۸۹***	-۰/۷۱*	-۰/۹۷***	۰/۹۲***	۰/۳۳
بریکس	۰/۱۴	۰/۱۹	-۰/۱۶	-۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۱
اسیدیته	۰/۶۷	-۰/۷۵**	۰/۶۴	۰/۷۸**	-۰/۷۲**	۰/۷۲**
آسکوربیک اسید	۰/۷۸**	۰/۸۷***	۰/۷۰*	۰/۹۱***	-۰/۸۶***	۰/۷۲**

* همبستگی در سطح ۰/۰۵ ، معنی دار می باشد.
** همبستگی در سطح ۰/۰۱ ، معنی دار می باشد.
*** همبستگی در سطح ۰/۰۰۱ ، معنی دار می باشد.

ضرایب منفی معرف رابطه معکوس، ضریب مثبت معرف رابطه مستقیم و ضریب حوالی صفر نمایانگر عدم وجود رابطه خطی بین متغییرها است. همانطور که در جدول ۲ و نتایج حاصل از آنالیز همبستگی نشان داد انرژی با ضریب همبستگی بالاتر نسبت به دیگر ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر توانایی پیشگویی اسیدیته، pH و آسکوربیک اسید را دارد. به عبارت دیگر این مساله نشان از رابطه خطی قویتر انرژی با این ویژگی اسیدیته، pH و آسکوبیک اسید می‌باشد. در پژوهشی که توسط Quevedo و همکاران (۲۰۱۴) به تعیین قهوه‌ای شدن آنزیمی در تکه آوکادو و با استفاده از تحلیل بافت تصویر پرداختند. در این پژوهش انرژی به عنوان مؤثرترین ویژگی بافتی در تعیین زوال تیکه‌های آوکادو معرفی گردید. همبستگی انرژی با ضریب همبستگی مثبت با اسیدیته و آسکوربیک اسید نشان می‌دهد که با افزایش این دو ویژگی در خلال انبارمانی مقدار انرژی در تصاویر نیز روند افزایشی و بر عکس با افزایش pH انرژی تصاویر کاهش خواهد داشت. Burdurlu و همکاران (۲۰۰۶) و Al-Zubaidy & Khalil (۲۰۰۷) در پژوهش‌هایی به تعیین سینماتیک زوال آسکوبیک اسید با استفاده از مدل‌سازی و استفاده ار توزیع ویبول پرداختند. بر اساس نتایج گزارش شده این توزیع به خوبی توانایی پیشگویی روند زوال آسکوبیک اسید را دارد. اما پارامترهای مدل توسعه یافته بر اساس توزیع ویبول به شرایط مساله و محیط وابسته بوده و از طرف دیگر این مدل غیر خطی می‌باشد. در حالی که در مطالعه حاضر با توجه به رابطه خطی قوی یافته شده میان انرژی و آسکوبیک اسید زوال این پارامتر در خلال انبازمانی به خوبی قابل تشخیص است. البته شایان ذکر است که انرژی دارای ضریب همبستگی ۰/۱۱- با بریکس می‌باشد که این ارتباط به صورت خطی معنی‌دار نبود. طی پژوهشی که بر روی نکتار گلابی که دارای رنگ‌های مختلف بودند مشخص گردید که نمونه‌های سبز رنگ شیرینی کمتری نسبت به دیگر نمونه‌های رنگی داشتند (Shepherd and Sparks, 1994) که این مساله نشان از ارتباط مستقیم رنگ با مزه است. این در حالی است که در مطالعات بعدی مشخص گردید که رنگ بر عطر و طعم و یا شیرینی نوشیدنی طعم دار میوه تأثیری ندارد (Clydesdale, 1993؛Lavin and Lawless, 1998). این مساله نشان از عدم وجود ارتباط مستقیم رنگ با مزه می‌باشد. در پژوهش حاضر نیز همانطور که قبلا گفته شد ضریب همبستگی بریکس با سایر ویژگی‌های استخراج شده از تصویر حوالی صفر بین بدست آمد که این مساله نشان از عدم ارتباط خطی است. در نتیجه به منظور استخراج معادله رگریسونی مناسب، برای پیشگویی تغییرات بریکس این پارامتر بر حسب انرژی ترسیم گردید.

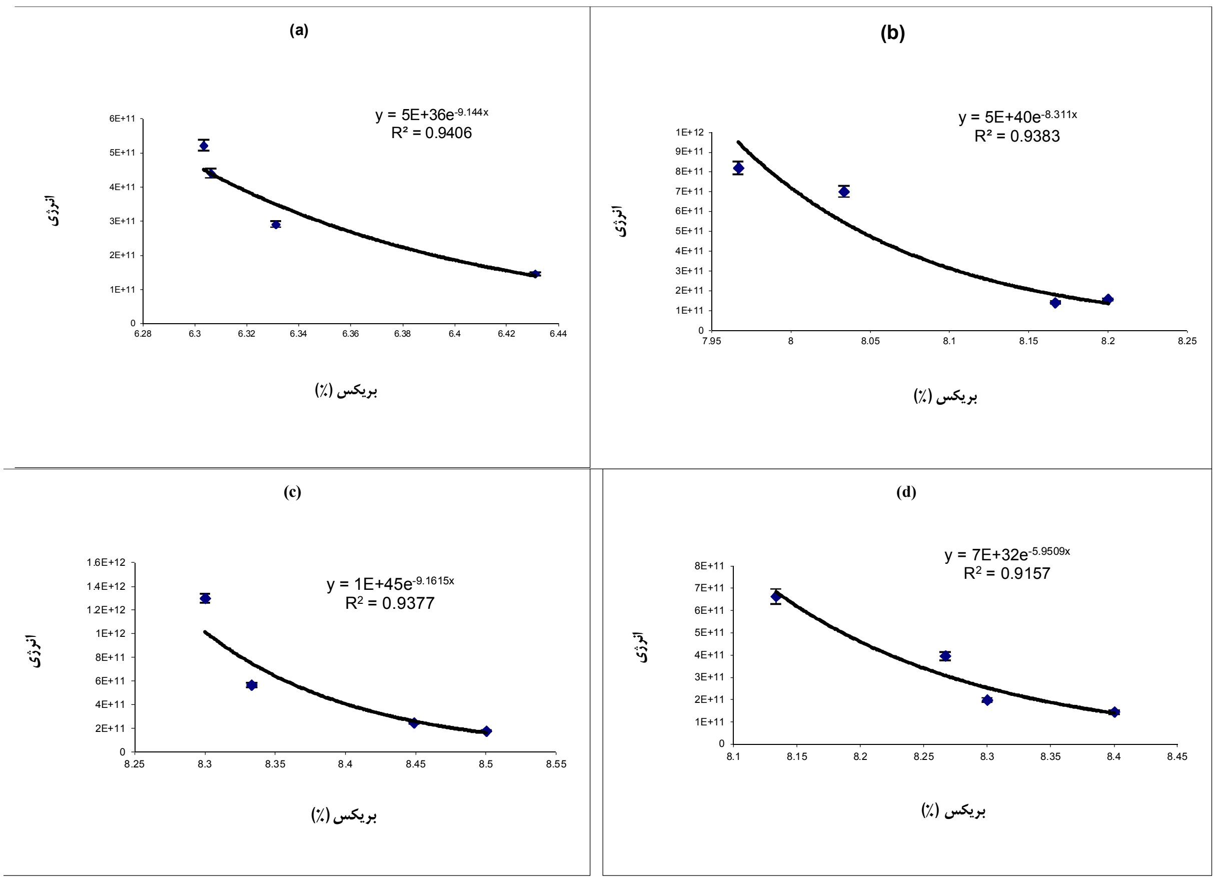
مطابق شکل ۲ معادله نمایی به خوبی توانایی تشخیص روند تغییرات بریکس را بر حسب انرژی دار می‌باشد. در پژوهشی Shao & He (۲۰۰۷) به بررسی غیرمخرب کیفیت درونی آبمیوه حب الغار[8] با کمک روش طیف‌سنجی Vis/NIR پرداختند و بهترین مدل توسعه یافته به منظور تعیین مواد جامد محلول دارای ضریب همبستگی ۰/۹۰۴ گزارش گردید. Zheng و همکاران (۲۰۱۰) به تعیین میزان آنتوسیانین، آسکوربیک اسید، فنول کل و فلاونوئید در آبمیوه حب الغار پرداختند. بر اساس گزارش، معادله رگرسیونی توسعه یافته برای پیشگویی مقدار آسکوربیک اسید با روش پردازش تصویر دارای ضریب همبستگی ۰/۹۳۵ بود. نتایج گزارش شده در پژوهش Zheng و همکاران (۲۰۱۰) با پژوهش حاضر همراستا می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از تغییرات رنگ آب مرکبات (نارنج، پرتقال، لیموترش و نارنگی) در طول فرآیند انبارمانی در روزهای ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ برخی از پارامترهای داخلی (اسکوربیک اسید، میزان مواد جامد محلول و pH) به روش مخرب و غیرمخرب (روش پردازش تصویر و ویژگی‌های ساختاری GLCM) استخراج شد. نتایج حاصل

8 Bayberry

توسط نرم افزار SAS در سطح اطمینان ۵٪ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نشـان داد که اسـیدیته و اسـکوربیک اسید در چهار نوع آب مرکبات بطور معنی داری طی مدت زمان نگهداری به ترتیب افزایش و کاهش یافت. همچنین تغییرات رنگ در طول فرآیند انبارمانی توسط سـه کانال رنگی L*,a*, b* نشـان داد شـد، که کانال رنگی L* تغییرات زوال در آب میوه ها را بهتر نشـان می دهد، که این ویژگی توسط پردازش تصویر که یک روش غیرمخرب می باشد استخراج شد. همچنین نتایج حاصـل از آنالیز همبسـتگی نشـان داد از بین دیگر ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر، انرژی نسبت به دیگر ویژگی‌ها با ضریب همبستگی بالاتر توانایی پیشگویی اسیدیته، pH و آسکوربیک اسید را دارد.



شکل ۲- همبستگی بین انرژی و با بریکس (a) لیموترش، (b) پرتقال، (c) نارنگی و (d) نارنج

منابع

Abdanan Mehdizadeh S., Minaei, S., Hancock, N. H. & Karimi Torshizi M. A. 2014. An intelligent system for egg quality classification based on visible-infrared transmittance spectroscopy. *Information Processing in Agriculture*, 1, 105–114.

Al-Zubaidy, M. M., & Khalil, R. A. 2007. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. *Food Chemistry*, 101(1), 254-259.

Amiri, S., & Niakousari, M. 2006. Kinetics and shelf life stability of vitamin C in un-pasteurized sour orange juice ,Effect of storage condition and citric acid supplement. *17th international congress of chemical and process engineering*, 27-31.

Ayhan, Z., Yeom, H. Y., Zhang, Q. H., & Min, D. B. 2001. Flavor, color, and vitamin C retention of PEF processed orange juice in different packaging materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 669–674.

Basset, O., Buquet, B., Aboielkaram, S., Delachartre, P., & Culioli, J. 2000. Application of texture image analysis for the classification of bovine meat. *Food Chemistry*, 69, 437–445.

Brosnan, T., & Sun, D.W. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. *Journal of Food Engineering*. 61: 3–16.

Burdurlu, H. S., Koca, N., & Karadeniz, F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 211-216.

Butz, P., Hofmann, C., & Tauscher, B. 2005. Recent developments in non-invasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis. *Journal of Food Science* .70: 131–134.

Chandraratne, M. R., Samarasinghe, S., Kulasiri, D., & Bickerstaffe, R. 2006. Prediction of lamb tenderness using image surface texture features. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 492-499.

Clydesdale, F. M. (1993). Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(1), 83-101.

Cortes, C., Esteve, M. J., & Frigola, A. 2008. Colour of orange juice treated by high intensity pulsed lectric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control*, 19, 151–158.

Cozzolino, D., Cynkar, W. U., Shah, N., & Smith, P. 2011. Multivariate data analysis applied to spectroscopy: Potential application to juice and fruit quality.*Food Research International*, 44(7), 1888-1896.

Du, C.J., & Sun, D.W. 2006. Learning techniques used in computer vision for foodquality evaluation: a review. *Journal of Food Engineering*. 72: 39–55.

Eskin, N.A.M. 1990. Biochemistry of food processing: Browning reactions in foods. In Biochemistry of foods (second ed., pp. 240–295). London: Academic Press.

FAO. 2010. Citrus fruit – fresh and processed, annual statistics. 2009. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome.

Fellers, P. J. 1988. Shelf life and quality of freshly squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled citrus juice. *Journal of Food Science*, 53(6), 1699–1702.

Fennema, O. 1977. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. *Food Technology*, 31(12), 32–38.

Fernanzed Vazquez, R., Stinco, C. M., Melendez Martinez, A. J., Heredia, F. J., & Vicario, I. M. 2011. Visual and instrumentation evaluation of orange juice color: consumer's preference study. *Journal of sensory studies*, 26(6), 436-444.

Fongaro, L., & Kvaal, K. 2013. Surface texture characterization of an Italian pasta by means of univariate and multivariate feature extraction from their texture images, *Food Research International*, 51(2), 693-705.

Gordon, L. R., & Samaniego-Esguerra, M. C. 1990. Effect of soluble solids and temperature on ascorbic acid degradation in lemon juice stored in glass bottles. *Journal of Food Quality*, 13, 361–374.

Guillard, V., Broyart, B., Bonazzi, C., Guilbert, S,. & Gontard, N. 2003. Evolution of moisture distribution during storage in composite food modeling and simulation. *J. Food Sci*. 68, 958-966.

Huelin, F. E. 1953. Studies on the anaerobic decomposition of ascorbic acid. *Food Research*, 18, 633–639.

Johnson, J. R., Braddock, R. J., & Chen, C. S. 1995. Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: Experimental rate constants. *Journal of Food Science*, 60(3), 502–505.

Kabasakalis, V., Siopidou, D., & Moshatou, E. 2000. Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate ofloss upon storage. *Food chemistry*, 70(3), 325-328.

Kimball, D. 1999. Citrus processing Quality Control and Technology. New York: AVI Book,Van Nostrand Reinhold.

Krokida, M . V., Karathanos, and Z., Maroulis. 2000. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*, 18(4-5): 937-950.

Laing, B. M., Schlueter, D. L., & Labuza, T. P. 1978. Degradation kinetics of ascorbic acid at high temperature and water activity. *Journal of Food Science*, 43(5), 1440–1443.

Larisch, B., Grob, U., & Pischetsrieder, M.1998. On the reaction of L -ascorbic acid with propylamine under various conditions: quantification of the main products by HPLC/DAD. Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung A, 206, 333–337.

Lavin, J. G., & Lawless, H. T. (1998). Effects of color and odor on judgments of sweetness among children and adults. *Food Quality and Preference*, 9(4), 283-289.

Lee, H. S., & Coates, G. A. 1999. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: A storage study. *Food Chemistry*, 65, 165–168.

Lee, H. S., & Nagy, S. 1988. Relationship of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality. *Food Technology*, 11, 91–97.

Maria, R.C., Yulissa, B., Asuncion, I., & Antonio, L. p. 2007. Quality and shelf life of orange juice aseptically packaged in PET bottles. *Journal of Food Engineering*, 79, 234-242.

McAllister, J. W. 1980. Methods of determining the quality of citrus juice. In S. Nagy, & J. A. Attaway (Eds.), Citrus nutrition and quality (pp. 291–317). Washington, DC: American Chemical Society.

Michelle, K. B., Katherine, Z., Effie Howe, Dimitria, G., Priscilla, P., Regine, S., & Cynthia, M. S. 2004. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 135-149.

Plaza, L., Crespo I., de Pascual Teresa, S., De Ancos, B., Sanchez Moreno, C., Muoz M., and Cano M.P. 2011a. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 124, 646-51.

Plaza, L., Sanchez Moreno, C., De Ancos, B., Elez Martinez, P., Marin Belloso, O., and Cano M.P. 2011b. Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *Food Science and Technology*, 44, 834-839.

Quevedo, R., Diaz, O., Caqueo, A., Ronceros, B., & Aguilera, J. M. 2009a. Quantification of enzymatic browning kinetics in pear slices using non-homogenous L* color information from digital images. LWT - *Food Science and Technology*, 42(8), 1367-1373.

Quevedo, R., Jaramillo, M., Diaz, O., Pedreschi, F., & Aguilera, J. M. 2009b. Quantification of enzymatic browning in apple slices applying the fractal texture Fourier image. *Journal of Food Engineering*, 95(2), 285-290.

Quevedo, R., Valencia, E., Bastias, J. M., & Cardenas, S. 2014. Description of the enzymatic browning in avocado slice using GLCM image texture. In Image and Video Technology–PSIVT 2013 Workshops (pp. 93-101). Springer Berlin Heidelberg.

Rivas, A., Rodrigo, D., Martıinez, A., Barbosa-Canovas, G. V., & Rodrigo, M. 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical–chemical characteristics of blended orange and carrot juice. LWT - *Food Science and Technology*, 39 1163–1170.

Robertson, G. L., & Samaniego, C. M. L. 1986. Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. *Journal of Food Science*, 51(1), 184–187.

Roussos, P. A. 2011. Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (*Citrus sinensis* (l) Osbeck cv. *Salustiana*) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. Scientia Horticulturae, 129(2), 253-258.

Sanchez-Moreno, C., Plaza, L., De Ancos, B., & Pilar Cano, M. 2003. Vitamin C, provitamin a carotenoids, and other carotenoids in high-pressurized orange juice during refrigerated storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 647-653.

Shao, Y., & He, Y. 2007. Nondestructive measurement of the internal quality of bayberryjuice using Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1015-1019.

Shepherd R., & Sparks P. 1994. Modelling food choice. In: Macfie H.J.H., Thomson D.M.H., (eds), Measurements of food preference. London: *Blackie Academic and Professional*. pp. 202–223.

Singh, R.P., & Heldman, D.R. 1976. Simulaton of liquid food quality during storages. Transactions of the ASAE. 19(1), 178-184.

Solomon, O., Svanberg, U., & Sahlstrom, A. 1995. Effect of oxygen and fluorescent light on the quality of orange juice during storage at 8 C. *Food Chemistry*, 53, 363–368.

Tiwari, B. K., O Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., & Cullen, P. J. 2009. Effect of sonication on orange juice quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 586–595.

Vanamala, J., Reddivari, L., Sun, Yoo, K., Pike, L.M., & Patil, B.S. 2006. Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grapefruit juices. *Journal of Food Composition and Analysis,* 19, 157–166.

Wang, W., & Paliwal, J. 2007. Near-infrared spectroscopy and imaging in food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 1, 193-207.

Wibowo, S., Vervoort, L., Tomic, J., Santiago, J. S., Lemmens, L., Panozzo, A., Grauwet, T., Hendrickx, M., & Van Loey. 2015. Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice duringStorage.*Food Chemistry*. 171: 330–340.

Zheng, C., & Sun, D.W. 2008. Object measurement methods. In: Da-Wen, S. (Ed.), Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Academic Press, Amsterdam, pp. 57–7.

Zheng, H., Jiang, L., Lou, H., Hu, Y., Kong, X., & Lu, H. 2010. Application of artificial neural network (ANN) and partial least-squares regression (PLSR) to predict the changes of anthocyanins, ascorbic acid, Total phenols, flavonoids, and antioxidant activity during storage of red bayberry juice based on fractal analysis and red, green, and blue (RGB) intensity values. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(2), 592-600.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 262- 272

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۲۷۲-۲۶۲

None-destructive investigation of the quality factors in citrus juice during storage using digital image processing

S. Abdanan Mehdizadeh*[1], M. Nouri[2], M. Soltani Kazemi[3], S. Amraie[3]

Received: 2015.06.03
Accepted: 2015.08.19

Introduction: Nutritional quality of food during storage has become increasingly an important problem. The loss of some nutrients such as ascorbic acid (vitamin C) might be a critical factor for the shelf life of some products as citrus juice concentrates, since vitamin C content of citrus juices undergoes destruction during storage (Plaza *et al*., 2011a). Ascorbic acid is an important component of our nutrition and used as additive in many foods because of its antioxidant capacity. Thus, it increases quality and technological properties of food as well as nutritional value (Larisch *et al*., 1998). However, ascorbic acid is an unstable compound and even under minor desirable conditions it decomposes easily. Degradation of ascorbic acid proceeds both aerobic and anaerobic pathways and depends upon many factors such as oxygen, heat, light, storage temperature and storage time. Oxidation of ascorbic acid occurs mainly during the processing of citrus juices, whereas, anaerobic degradation of ascorbic acid mainly appears during storage which is especially observed in thermally preserved citrus juices (Lee & Coates, 1999). It was reported that several decomposition reactive products occur via the degradation of vitamin C and these compounds may combine with amino acids, thus result in formation of brown pigments (Wibowo *et al*., 2015). In recent years, several nondestructive methods such as computer vision, spectroscopy, ultrasonic have been developed to objectively evaluate different agricultural materials (Abdanan Mehdizadeh et al., 2014; Wang and Paliwal, 2007). However, due to the physical properties of fruit, machine vision has not been discussed much in the literature (Fernanzed-Vazquez *et al*., 2011). One disadvantage of using spectroscopic methods is that these methods require expensive equipment and also carrying these instruments are difficult. On the contrary, the combining of a digital camera and its image processing software that replaces the traditional measuring instruments have been widely used to provide a cheaper and versatile form to measure some internal quality of many foods. Therefore, the goal of this research is to determine the best features of surface texture (entropy, homogeneity, contrast, correlation and prominence) in order to predict quality factors (pH, acidity, soluble solids and ascorbic acid) of citrus juice.

Materials and methods: Orange, sour lemon, sour orange and tangerine fruit were obtained from one of local marker in Ahvaz, Iran. All samples were washed and the juice was extracted using a Pars-Khazar rotary extractor. The citrus juice, (sour orange, orange, lemon and tangerine) immediately after pasteurization process, were kept at a temperature of refrigerators (4º C) for 60 days in darkness. After taking images of the citrus juice, pH, acidity, ascorbic acid and soluble solids were measured on days 0, 20, 40 and 60.

Physicochemical analysis:

The pH of samples was determined with a pH meter (Methrohm, 827 pH lab, Switzerland). The soluble solids content of concentrates was determined as º Bx using a refractometer (Atago Co, Ltd. Carnation, WA). Total titrable acidity was assessed by titration with sodium hydroxide (0.1 N) and expressed as % citric acid (Kimball, 1999). Ascorbic acid was determined using 2,6-dichlorophenolindophenol by visual titration (Kabasakalis, 2000).

Imaging and color analysis:

Samples were placed under the camera (Canon PowerShot SX60 HS, Japan) of a computer vision system at the distance of 300 mm inside a black box with the size of 100 ×100 ×100 cm^3. The samples were illuminated using four fluorescent lamps at the angle of 45º in relation with the sample.

After taking images, color images were transformed to L*a*b* color space. The L* parameter (luminosity) is an attribute by which a surface emits more or less light and can take values between 0 (absolute black) to 100

9 and 3. Assistant professor and MSc student of Mechanics of Biosystems Engineering Department, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Respectively.
2. MSc student of Food science, Faculty of Animal and food science, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan
(*- Corresponding Author Email: : saman.abdanan@gmail.com)

(absolute white). The parameters a* and b* represent the chromaticity, where a* defines the red-green component (red for positive values and green for negative values) and the b* parameter defines the yellow-blue component (yellow for positive values and blue for negative values) (Quevedo *et al*., 2009a). Following color transformation, the well-known textural parameter called the Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM function) was applied to the images and six features through Eq. 1-6 were extracted (Table 1).

Results and discussion: Color changes during storage in three color channels L*,a*,b* showed that the variation of channel L* could illustrate deterioration of citrus juice better than other channels. In the Figure 1, a gallery of four selected images (taken at different times in the experiment) corresponding to one sour orange sample and their corresponding surface intensity (based on L* value) are showed.

The results of statistical analysis depicted that acidity and ascorbic acid, in four citrus juices, significantly ($P<0.05$) increased and decreased during storage, respectively. Furthermore, the results of correlation analysis showed that among extracted features from the images, energy, in comparison with other features, with a greater correlation coefficient has a better ability to predict the acidity, pH and ascorbic acid.

Key words: Juice, Image processing, Quality parameters (pH, acidity, SSC and ascorbic acid